

Aus der Hals-Nasen-Ohren-Klinik der Universität Marburg/Lahn
(Geschäftsf. Direktor: Professor Dr. O. Kleinsasser)

Elektromyographische Untersuchungen an Kehlkopfmuskeln des Menschen während der Atmung

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung des Doktorgrades der Zahnheilkunde
des Fachbereichs Humanmedizin
der
Philipps-Universität Marburg/Lahn

vorgelegt von

Viktor Preissler
aus Rosenheim/Oberbayern

Marburg/Lahn 1974

Fotodruck: Erich Mauersberger, Marburg



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41552302_0020

Aus der Hals-Nasen-Ohren-Klinik der Universität Marburg/Lahn

(Geschäftsf. Direktor: Professor Dr. O. Kleinsasser)

Elektromyographische Untersuchungen an Kehlkopfmuskeln des Menschen während der Atmung

Inaugural-Dissertation

zur

**Erlangung des Doktorgrades der Zahnheilkunde
des Fachbereichs Humanmedizin
der**

Philipps-Universität Marburg/Lahn

vorgelegt von

Viktor Preissler

aus Rosenheim/Oberbayern

Marburg/Lahn 1974

Fotodruck: Erich Mauersberger, Marburg



Angenommen vom Fachbereich Humanmedizin der
Philipps-Universität Marburg am 30. 7. 1974

gedruckt mit Genehmigung des Fachbereiches

Dekan: Prof. Dr.med. H. Oepen

Referent: Prof. Dr.med. H. Ganz

Correferent: Prof. Dr.med.dent. H. Schnell

Inhaltsverzeichnis

- A. Einleitung
 - 1. Anatomie und Physiologie der Kehlkopfmuskulatur
 - 2. Historische Betrachtung über elektrophysiologische Untersuchungsmethoden des Kehlkopfes
 - 3. Fragestellung der vorliegenden Arbeit
- B. Untersuchungsgut und Methodik
- C. Ergebnisse
 - 1. M. vocalis
 - a. Schwache Atmung.
 - b. Normale Atmung.
 - c. Forcierte Atmung.
 - 2. M. cricothyreoideus
 - a. Schwache Atmung.
 - b. Normale Atmung.
 - c. Forcierte Atmung.
 - 3. M. transversus
 - a. Schwache Atmung.
 - b. Normale Atmung.
 - c. Forcierte Atmung.
 - 4. M. cricoarytaenoideus posterior
 - a. Schwache Atmung.
 - b. Normale Atmung.
 - c. Forcierte Atmung.
 - 5. Verhalten der Kehlkopfmuskulatur untereinander
- D. Diskussion der Ergebnisse
- E. Zusammenfassung
- F. Tabellen
- G. Literaturverzeichnis

A Einleitung

1. Anatomie und Physiologie:

Zu Beginn sei eine kurze Übersicht über die Anatomie und Funktion der Kehlkopfmuskulatur gegeben.

Der Kehlkopf ist als Ganzes beweglich in die Halseingeweide eingebaut und die einzelnen Knorpel seines Gerüsts sind untereinander beweglich. Dabei sind der Schild- und Ringknorpel den Stellknorpeln gegenüberzustellen. Die äußere Kehlkopfmuskulatur dient im wesentlichen der Hebung, Senkung und der Fixation des Larynx, die Innenmuskeln wirken auf die Stimmklappen, spannen die Stimmklappen an und erweitern oder verengern die Stimmritze, indem sie die Aryknorpel bewegen. Im allgemeinen werden die Innenmuskeln des Kehlkopfes nach ihrer Funktion in Spanner, Erweiterer (Abduktoren) und Verengerer (Adduktoren) der Stimmritze unterteilt. Die Stimmritze wird durch den Musculus cricoarytaenoideus posterior, üblicherweise kurz M. posticus genannt, erweitert. Bei seiner Kontraktion zieht er die Processus musculares der Aryknorpel nach hinten und nähert sie einander. Dabei weichen die Processus vocales mit dem Ansatz der Stimmbänder auseinander: Die Stimmritze wird erweitert. Der M. posticus ist der einzige echte Abduktor. Eine Ausnahme stellt die forcierte Einatmung dar. Hierbei wirkt auch der M. cricoarytaenoideus lateralis als Öffner. An die Funktion der übrigen Kehlkopfmuskeln möge folgendes Schema erinnern:

Stimmritze	erweitern	verengen
	M.posticus	M.lateralis (M.cricothyroideus lateralis)
		M.transversus (M.arytaenoideus internus)
		M.vocalis (M.thyroarytaenoideus internus)
Stimmklappen	spannen	erschaffen
	M.vocalis	-
		(nur beim fixierten Ansatz)
	M.cricothyroideus	(nach Voss-Herrlinger)

Wie noch gezeigt werden wird, scheint dieses starre Schema der komplexen Funktion der inneren Larynxmuskulatur nicht ganz gerecht zu werden, da einzelne dieser Muskeln sowohl Abduktoren als auch Adduktoren und Spanner sein können.

Die augenfälligste Funktion des menschlichen Kehlkopfes ist die der Stimmbildung. Die phylogenetisch älteste Funktion ist die eines Sphincters, wodurch Pressen und Schlucken möglich sind. Dritte Funktion ist die eines Hilfsorgans der Atmung. Die Kehlkopfmuskulatur wirkt als Atem-, Phonations- oder Sphincterorgan unterschiedlich zusammen. Eine Sonderstellung in Funktion und Biochemie scheint der M. posticus einzunehmen. Die elektronenoptisch nachgewiesenen zahlreichen Mitochondrien sowie Capillarisierung und Enzymausstattung weisen auf einen lebhafteren aeroben Metabolismus der Zelle hin (GANZ; MATZELT und VOSTEEN).

2. Historische Betrachtung über elektrophysiologische Untersuchungsmethoden des Kehlkopfes

GARCIA entdeckte 1855 die indirekte Laryngoskopie mit Verwendung des Kehlkopfspiegels und machte so den Kehlkopf der Untersuchung intra vitam zugänglich. Die grobe Beweglichkeit der Stimmlippen konnte jetzt beurteilt werden. Die unmittelbare Untersuchung der elektrischen Aktivität der Kehlkopfmuskulatur wurde erst sehr viel später möglich. 1929 gelang es DENNY BROWN als erstem, Einheitspotentiale aus dem menschlichen Muskel abzuleiten (Elektro-Myographie). Ableitungen aus dem M. cricothyreoides wurden bereits 1936 von BERENDES beschrieben. Die von uns verwendete Untersuchungsmethode wurde zunächst von BUCHTHAL, später von FAABORG-ANDERSEN benutzt. Seither sind zahlreiche Untersuchungen über die Larynx-Muskulatur veröffentlicht worden. Die bisher vorliegenden Untersuchungen beim Menschen waren vorwiegend der Phonation und deren Störungen gewidmet. Auch der Recurrensparese und der Möglichkeit einer Recurrens-Nervenplastik galten viele Untersuchungen. Mit Hilfe der

Elektromyographie gelang es, die von HUSSON entwickelte neurochronaxische Theorie zu überprüfen. Bei dieser wurde angenommen, daß die Stimmlippenschwingungen durch aktive schwingungssynchrone Muskelkontraktionen des M. vocalis entstünden, die "coup par coup" zentral gesteuert und über den N. recurrens ausgelöst werden sollten.

Auf der anderen Seite bestand die Vorstellung, daß die Stimmbildung Ausdruck aerodynamischer Vorgänge sei, wobei die Stimmbandschwingungen passiv durch den von unten anblasenden Luftstrom ausgelöst werden sollten = aerodynamisch-myoeelastische Theorie. WUSTROW konnte 1967 zeigen, daß schwingungssynchrone Aktionspotentiale nicht vorhanden waren. Die biochemischen Daten der Muskeln sind weitere überzeugende Beweise gegen HUSSONS Theorie (GANZ).

Untersuchungen zur entwicklungsgeschichtlich älteren Sphincter- und Atemfunktion des Larynx wurden nur von wenigen Autoren, vorwiegend in tierexperimentellen Studien durchgeführt. Zu nennen sind hier vor allem die Ergebnisse aus den Arbeitsgruppen um KIRCHNER, OGURA und HIROTO, NAKAMURA, ZBORIL u.a. Die wenigen Untersuchungen hinsichtlich der Sphincterfunktion des menschlichen Larynx ergaben uneinheitliche Ergebnisse. So stellte FAABORG-ANDERSEN während des Pressens und Hustens eine Hemmung der elektrischen Aktivität im Glottisöffner (M. cricoarytaenoides posterior - posticus) fest, wogegen Untersuchungsergebnisse von YAMASHITA und URABE darauf hindeuteten, daß dieser Muskel auch während des Glottisschlußreflexes aktiviert wurde, und zwar im Sinne einer Stabilisierung der Glottis. Dies wurde auch durch Untersuchungen von MURAKAMI und KIRCHNER bestätigt. Die elektromyographischen Untersuchungsergebnisse, die bisher über die Sphincter- und Atemfunktion des Kehlkopfes vorlagen, divergieren also erheblich, so daß es notwendig erschien, diese Funktion der Kehlkopfmuskulatur weiter zu untersuchen.

3. Fragestellung der vorliegenden Arbeit

FÖRSTER und GANZ (1972), GANZ (1973) haben gezeigt, daß das zeitliche Muster des Zusammenwirkens menschlicher Kehlkopfmuskeln veränderlich ist, abhängig von Atemtypus und -tiefe sowie von der Dauer der Glottis-Schlußphasen (Pressen und Husten). Diese Untersuchungsergebnisse sollen in der vorliegenden Arbeit ergänzt werden durch genaue quantitative und zeitliche Analyse der Aktivitätsmuster.

B Untersuchungsgut und Methodik:

Für die Untersuchung der Kehlkopfmuskulatur wurde die Elektromyographie (EMG) angewandt. Darunter versteht man die elektrische Registrierung der Muskelaktionspotentiale (AP). Dabei werden die Potentiale der neuromuskulären Übertragung gemessen, d.h. der chemischen und elektrischen Energieumwandlung. Der nervale Impuls verursacht nach STEINBRECHER eine Depolarisierung an der neuromuskulären Transmission. Es werden Azetylcholinquanten frei, die die Durchlässigkeit der motorischen Endplatte verändern und diese ihrerseits depolarisieren. Das dadurch hervorgerufene Endplattenpotential durchläuft in meßbarer Zeit mit ca. 4 m/s (3-6 m/s nach BUCHTHAL) die Muskelfasern und erzeugt das Faserpotential, dessen Summierung wir im Potential der motorischen Einheit vor uns haben. Über einen Oszillographen ist die trägheitslose Registrierung der teilweise recht hochfrequenten Muskelaktionspotentiale möglich. Nach BUCHTHAL gewinnen wir dadurch einen Einblick in den Zustand des Muskels und erhalten eine Aussage über die Aktivität der motorischen Neurone bei Willkür- und Reflexkontraktionen.

Die Messungen führten wir mit einem 3-Kanal-Elektromyographen (Nr. 14 A 30) durch (Abb. 1). Anfänglich wurden konzentrische unipolare Nadelelektroden, später ausschließlich bipolare Nadelelektroden der Firma DISA, Kopenhagen, verwendet. Die Elektroden wurden mit dem Verstärkersystem und dem Kathodenstrahloszillographen verbunden, welcher so konstruiert ist, daß die Potentiale ohne Verzerrung wiedergegeben werden. Die elektrische Aktivität war auch im Lautsprecher zu verfolgen.

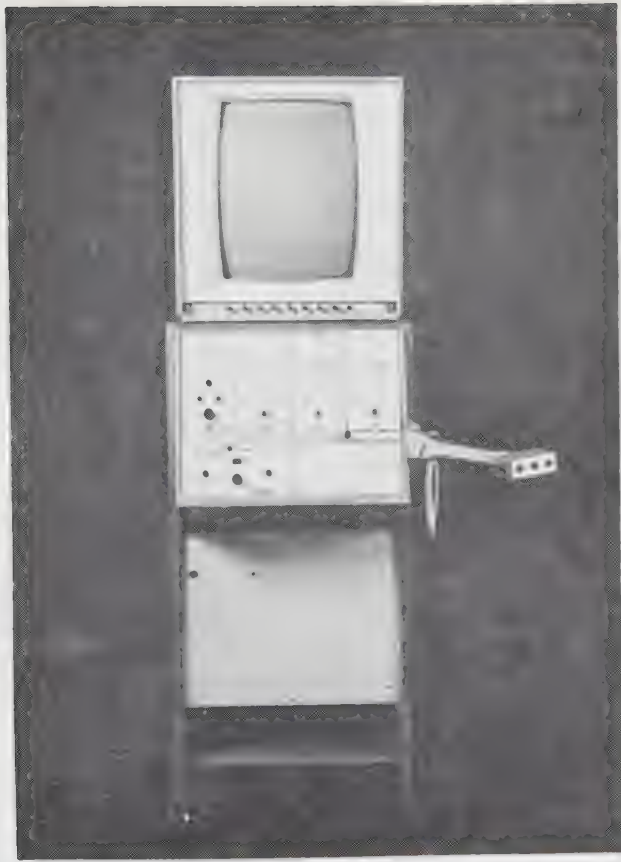


Abb. 1: DISA - Elektromyograph 141 730

Zur Registrierung wurde die serienmäßige Photoeinheit von DISA mit Registrierpapier der Firma AGFA-GEVAERT verwendet. Die Papiervorschubgeschwindigkeit betrug in der Regel 5 cm/s, zum Teil auch 20 cm/s. Dabei wurde teilweise kontinuierlich, teilweise gespreizt registriert. Zum Teil wurden beide Registrierformen auch kombiniert. Die Auswertung der elektrischen Aktivität erfolgte weitgehend über das belichtete Filmmaterial.

Die Untersuchung erfolgte an insgesamt 28 Erwachsenen im Rahmen einer Mikrolaryngoskopie in Intubationsnarkose.* Zur Intubation wurden ausschließlich Woodbridge-Tuben verwendet. Die Patienten erhielten eine kombinierte Narkose mit einem Halothan-Lachgas-Sauerstoff-Gasgemisch sowie intravenös Succinyl als Muskelrelaxans..

Da bei unserem EMG-Gerät nur drei Kanäle zur Verfügung standen, leiteten wir die Aktivitäten der Muskeln gruppenweise ab.

1. Gruppe: M. cricothyreoideus, M. vocalis, M. transversus.
2. Gruppe: M. cricothyreoideus, M. posticus.
3. Gruppe: M. vocalis, M. cricothyreoideus, M. rectus abdominis
(zur Registrierung der Bauchpresse)
4. Gruppe: M. posticus, M. cricothyreoideus und M. rectus abdominis.

Aus Gründen der Narkosedauer konnten nicht bei jedem Versuch alle Gruppen durchgetestet werden. Später wurde auf eine Untersuchung des M. transversus teilweise verzichtet. Der Kehlkopf wurde mit dem Mikrolaryngoskop nach KLEINSASSER eingestellt. Die Elektroden wurden unter direkter Sicht in die Mm. vocales und transversus, mittels eines Oesophagoskops in den M. posticus gelegt. Die Mm. rectus abdominis und cricoarytaenoideus wurden percutan punktiert. Alle Elektroden wurden vom gleichen Operateur gelegt (GANZ).

* Alle Patienten hatten vorher nach Aufklärung über die Art der Untersuchung ihr Einverständnis damit erklärt.

Die Muskelaktivitäten wurden abgeleitet:

1. in Narkosestadium I-II (bei partieller Relaxation),
2. bei schwacher Spontanatmung,
3. bei normaler Atmung und
4. bei forcierter Atmung mit verschärftem Expirium.

Als schwache Atmung wurden die bei Abklingen der Succinylwirkung einsetzenden geringen spontanen Atemexkursionen des Thorax und der Bauchdecke bezeichnet, bei der jedoch noch eine assistierte Beatmung erforderlich war.

Als "normale Atmung" bezeichneten wir die sich anschließende selbständige Atemphase, während der ein zeitliches Verhältnis von Inspirations- zur Expirationsphase von etwa 1 : 1,5 bestand (Atem-Zeitquotient).

Bei beginnender Aufwachphase des Patienten registrierten wir einen weiteren Atmungstyp, die forcierte Atmung, kurz vor Beginn der Preßphase. Hier war das Expirium gegenüber dem Inspirium deutlich verlängert.

Die elektrische Aktivität der Kehlkopfmuskulatur wurde nach folgenden Kriterien ausgewertet:

1. Spannung, Form, Dauer und Frequenz der Aktionspotentiale sowie das Innervationsmusterbild. Hierbei ist das Muster motorischer Einheiten (ME) vom gemischten Muster (GM) und dem Interferenzmuster (IF) zu unterscheiden.

Während beim Muster motorischer Einheiten nur eine einzelne Einheit, in der Regel mit niedriger Amplitude, auftritt, wird beim gemischten Muster durch Hinzutreten von weiteren Aktionspotentialen ein dichterstehendes Muster mit noch erhaltener Grundlinie beobachtet. Bei fast voller Verschmelzung der Einzelpotentiale unter Auflösung der Grundlinie spricht man von Interferenzmuster. Dies entspricht dem elektrischen Vollbild.

C. Ergebnisse

Die in den einzelnen Muskeln gefundenen Aktivitätsmuster haben wir in den nachfolgenden Tabellen zusammengestellt.

1. M. vocalis: Das Verhalten des M. vocalis wurde bei 27 Patienten untersucht (siehe Tabelle 1). Der Muskel wurde bei schwacher, normaler und forcierter Atmung beobachtet, wobei jeweils Inspiration und Expirationsphase gesondert markiert waren.

Bei schwacher Atmung konnten zehn Ableitungen durchgeführt werden.

Bei der Inspiration lag der niedrigste Wert bzw. die niedrigste Spannung bei 40 μ V (Versuch-Nr. 31/72 und 03/73), die höchste Spannung bei 200-220 μ V (11/71). Viermal ergab sich ein Muster motorischer Einheit, viermal ein gemischtes Muster.

Der Mittelwert bei der Inspiration betrug 118 μ V.

Bei der Expiration belief sich der niedrigste Wert auf 0 (47/72), der höchste Wert auf 200-220 μ V (11/71).

Als Innervationsmuster ergab sich zweimal ein Muster motorischer Einheit und viermal ein gemischtes Muster. Als Durchschnittswert für die Expiration ergab sich eine Spannung von 91 μ V.

Es zeigt sich, daß die Aktivität in der Inspirationsphase nur wenig über der der Expirationsphase lag, d.h. der M. vocalis zeigte bei schwacher Atmung in Inspiration und Expiration annähernd gleiche elektrische Aktivität.

Bei normaler Atmung wurden 13 Versuche ausgewertet:

Bei der Inspiration lag der niedrigste Amplitudenwert bei 70 μ V (48/72), der höchste bei 500-600 μ V (29/71).

Neunmal wurde ein gemischtes Muster (GM) vorgefunden, zweimal das Muster motorischer Einheiten (MME).

Als Amplitudendurchschnitt ergab sich ein Wert von 334 μ V.

In der Expirationsphase war in vier Versuchen keine elektrische Aktivität ableitbar, der höchste Wert lag sonst bei 350 μ V (30/72). Fünfmal wurde ein Muster motorischer Einheiten, viermal ein gemischtes Muster beobachtet. Der Durchschnittswert für die Expiration belief sich auf 128 μ V. Das Verhältnis der elektrischen Aktivität zwischen Inspiration und Expiration lag somit ungefähr bei 2,5 : 1, d.h. bei der Inspiration konnte eine mehrmals doppelt so große elektrische Aktivität wie bei der Expiration abgeleitet werden.

Bei der forcierten Atmung konnten vier Patienten ausgewertet werden. In der Inspirationsphase lag der niedrigste Amplitudenwert bei 200-250 μ V (12/71), der höchste bei 900 μ V (48/72). Dreimal wurde das gemischte Muster und einmal ein Interferenzmuster gefunden. Als Durchschnittswerte ergaben sich bei der Inspiration 505 μ V. Bei der Expiration lag der niedrigste Wert bei 300 μ V (48/72), der höchste bei 500-1000 μ V (12/71). Zweimal wurde ein gemischtes Muster, zweimal ein Interferenzmuster gefunden. Als Amplitudendurchschnittswert errechnete sich bei der Expiration ein Wert von 655 μ V. Es war deutlich zu erkennen, daß die Muskelaktivität des M. vocalis bei forcierter Atmung in der Expiration überwiegt.

2. M. cricothyreoideus

Die Untersuchungen am M. cricothyreoideus wurden an insgesamt 31 Personen durchgeführt. Wir haben hier anfänglich unipolare Elektroden verwendet, später jedoch ausschließlich bipolare Elektroden. Sogenannte "Cross-Step"-Potentiale, wie sie von DEDO beschrieben werden, haben wir nicht beobachtet. Die Nadeln wurden ausschließlich transcutan in den Muskel eingebracht.

Bei schwacher Atmung wurden neun Ableitungen ausgewertet. Dabei ergaben sich bei der Inspiration als niedrigster Amplitudenwert 40 μV (04/73), als höchster Wert 200 μV . (21/72). Sechsmal wurde als Innervationsmuster das gemischte Muster (GM) vorgefunden, zweimal ein Muster motorischer Einheiten (MME). Als Amplitudendurchschnitt ergab sich ein Wert von 93 μV .

Bei der Expiration betrug der niedrigste Wert 0 μV (04/73), der höchste Wert 40-80 μV (03/73). Als Innervationsmuster wurden zweimal ein Muster motorischer Einheiten, einmal ein solches mehr mit Tendenz zum gemischten Muster gefunden. Als Amplitudendurchschnitt ergab sich ein Wert von etwa 30 μV .

Zusammengefaßt ergab sich für den M. cricothyreoideus bei schwacher Atmung eine Aktivität vor allem in der Inspirationsphase, die im Durchschnitt dreimal so hoch war wie in der Expirationsphase.

Bei der normalen Atmung wurden 19 Messungen ausgewertet. Dabei ergab sich in der Inspirationsphase als niedrigster Amplitudenwert 80-110 μV (07/73), als höchster Amplitudenwert 480 μV (03/73). Ein Muster motorischer Einheit wurde einmal, ein Übergangsbild zum gemischten Muster wurde viermal, ein gemischtes Muster achtmal, ein Übergangsbild zum Interferenzmuster dreimal festgestellt. Bei den restlichen Versuchen konnte keine elektrische Aktivität abgeleitet werden. Als Amplitudendurchschnitt wurde ein Wert von etwa 236 μV errechnet.

Bei der Expiration belief sich der niedrigste Amplitudenwert auf 0, d.h. keine Aktivität, der höchste Amplitudenwert belief sich auf 220 μV (06/73). Als Innervationsmuster wurde sechsmal ein Muster motorischer Einheiten (MME), einmal ein Übergangsmuster zum gemischten Muster (GM), fünfmal ein gemischtes Muster vorgefunden. Im Durchschnitt wurde ein Amplitudenwert von 92 μV gefunden. Der Vergleich von

Inspiration und Expiration zeigt ein Spannungsverhältnis von annähernd 2,5 : 1. Wir fanden, daß der M. cricothyreoides vor allem ein Inspirationsmuskel mit geringer Aktivität in der Expirationsphase ist.

Bei der forcierten Atmung konnten vier Fälle ausgewertet werden. Der niedrigste Amplitudenwert lag dabei in der Inspirationsphase bei 150 μV (12/71), der höchste bei 350 μV (03/73). Als Innervationsmuster konnte man dreimal ein gemischtes Muster feststellen, einmal einen Übergang zum Interferenzmuster. Es ergab sich ein Amplitudendurchschnittswert von 285 μV bei gemischtem Muster. Allerdings variierten die Einzelergebnisse von Versuch zu Versuch erheblich.

Bei der Expiration konnten vier Ableitungen ausgewertet werden. Der niedrigste Amplitudenwert lag bei 30 μV (39/72), der höchste bei 400 μV (12/71). Es wurden drei gemischte Muster gezählt und ein Muster motorischer Einheiten. Der Amplitudendurchschnittswert lag bei 228 μV . Allerdings waren auch hier erheblich divergierende Ergebnisse feststellbar. Obwohl der Durchschnittswert in der Inspirationsphase mit 285 μV über dem der Expirationsphase mit 28 μV liegt, möchten wir wegen der teilweise erheblichen Streuung diesem Unterschied keine Bedeutung beimessen.

3. Musculus transversus:

Der M. transversus konnte bei insgesamt 16 Patienten ausgewertet werden (siehe Tabelle 3).

Für die schwache Atmung konnten nur zwei Filme ausgewertet werden. Bei der Inspiration ergab sich 80-100 μV (04/73) und 200-250 μV (11/71). Es wurden zwei gemischte Muster beobachtet.

Bei der Expiration wurde bei beiden Ableitungen keine Aktivität festgestellt.

Bei schwacher Atmung konnten wir in diesem Muskel nur eine Aktivität im Inspirium ableiten.

Bei normaler Atmung konnten zwölf Filme ausgewertet werden.

Bei der Inspiration lag der kleinste Wert bei 70 μV (07/73), der größte Amplitudenwert lag bei 350 μV (21/71). Es wurde einmal ein Muster motorischer Einheit sowie achtmal ein gemischtes Muster beobachtet, einmal ein gemischtes Muster mit Übergang zum Interferenzmuster. Der Durchschnittswert für die Amplitude betrug 281 μV .

In der Expirationsphase lag der niedrigste Amplitudenwert bei 0 μV (04/73), der höchste bei 440 μV (38/72). Es wurde fünfmal ein gemischtes Muster gezählt, einmal ein Muster motorischer Einheit. Der Amplitudendurchschnittswert belief sich auf 123 μV . Die Aktivität des Muskels in der Inspirationsphase war also mehr als doppelt so groß als in der Expirationsphase.

Bei der forcierten Atmung waren sechs Filme für die Auswertung geeignet. Bei der Inspiration lag der niedrigste Amplitudenwert bei 60 μV (44/72), der höchste Wert lag bei 1500 μV (21/71). Einmal ergab sich ein Muster motorischer Einheit, dreimal ein gemischtes Muster. Der Amplitudendurchschnittswert lag bei 433 μV .

Bei der Expiration lag der niedrigste Wert bei 40 μV (03/73), der höchste Wert bei 1500 μV (21/71). Als Innervationsmuster wurde einmal ein Muster motorischer Einheit und dreimal ein gemischtes Muster und einmal ein gemischtes Muster mit Übergang zum Interferenzmuster beobachtet. Die Amplituden betrugen im Durchschnitt 552 μV . Im M. transversus ergab sich demnach bei der forcierten Atmung in der In- und Expirationsphase eine annähernd gleichgroße Aktivität.

4. Musculus cricoarytaenoideus posterior:

Der M. cricoarytaenoideus posterior (im folgenden kurz Posticus genannt) wurde an insgesamt 29 Patienten untersucht (siehe Tabelle 4).

Bei schwacher Atmung wurden vier Werte gewonnen. Der niedrigste Wert lag bei der Inspiration bei 120 μV (08/72), der höchste Wert bei 350 μV (13/71). Als Innervationsmuster ergab sich ein Muster motorischer Einheit, ein Muster motorischer Einheit mit Übergang zum gemischten Muster und ein gemischtes Muster. Als Amplitudendurchschnittswert ergab sich ein Wert von 225 μV .

Bei der Expiration lag der niedrigste Wert bei 0 μV , der höchste Wert bei 120 μV (08/72). Als Innervationsmuster ergab sich ein Muster motorischer Einheit. Als Amplitudendurchschnittswert ergab sich ein Wert von 50 μV .

Die normale Atmung konnte an 26 Patienten dargestellt werden. Bei der Inspiration wurde als niedrigster Wert 100 μV (31/72), als höchster Amplitudenwert 1000 μV (13/71) gefunden. Als Innervationsmuster wurde viermal ein Muster motorischer Einheiten gezählt, zweimal ein Übergangsmuster zum gemischten Muster, 15mal ein gemischtes Muster und zweimal ein Übergangsmuster zum Interferenzmuster. Als Amplitudendurchschnitt ergab sich hier ein Wert von etwa 357 μV .

Bei der Expiration war der niedrigste Wert 0 μV (31/72), der höchste Wert 500 μV (13/71). Als Innervationsmuster wurde dreimal ein Muster motorischer Einheit beobachtet, einmal der Übergang zum gemischten Muster, siebenmal ein gemischtes Muster und zweimal der Übergang vom gemischten zum Interferenzmuster. Der Amplitudendurchschnittswert belief sich auf 107 μV .

Aus dem annähernden 3 : 1 Quotienten für die Spannung in der Inspirations- und Expirationsphase kann man folgern, daß der M. posticus bei normaler Atmung ein vorwiegend inspiratorischer Muskel ist. Er wird in der Regel in der Inspirationsphase innerviert, zeigt teilweise aber auch in der Expirationsphase Aktivität, wie später noch zu zeigen ist, aber nur in der Initialphase des Expiriums.

Das Verhalten des M. posticus bei forcierter Atmung wurde bei neun Patienten untersucht. Der niedrigste Amplitudenwert belief sich dabei in der Inspirationsphase auf 100 μ V (12/72), der höchste auf 1200 μ V (22/71). Siebenmal wurde ein gemischtes Muster und zweimal ein Interferenzmuster beobachtet. Der Amplitudendurchschnitt betrug 466 μ V. Bei der Expiration war das Amplitudenminimum 0 μ V, das Maximum 700 μ V (40/72). Dreimal wurde ein gemischtes Muster, einmal ein Übergang zum Interferenzmuster und zweimal ein Interferenzmuster vorgefunden. Der Amplitudendurchschnitt lag bei 272 μ V.

Der M. cricoarytaenoideus posterior zeigte sich somit als ein überwiegend in der inspiratorischen Phase aktiver Muskel. Insbesondere in der forcierten Atmung fanden wir jedoch auch eine deutliche expiratorische Funktion. Möglicherweise zeigt sich hier der Ansatz zum Wechsel seiner Funktion während der Preßphase (siehe FÖRSTER und GANZ).

5. Verhalten der Kehlkopfmuskeln untereinander:

Neben den Untersuchungen der einzelnen Kehlkopfmuskeln in bezug auf ihre Tätigkeit bzw. Funktion bei Inspiration und Expiration wurde auch der Frage nachgegangen, wie die zeitliche Korrelation der Aktivität der einzelnen Muskeln zueinander war, d.h. es wurde untersucht, ob und welche zeitlichen Differenzen (Δt) beim Einsetzen der einzelnen Muskelaktivitäten bestanden.

Die Atemexkursionen des Thorax wurden durch einen Brustband-abnehmer aufgezeichnet. Dieser erwies sich jedoch häufig als unzuverlässig und stimmte dann nicht mit dem tatsächlichen Beginn der Inspirations- und Expirationsphase überein, teilweise wurde sogar eine paradoxe Atemregistrierung beobachtet. Wir haben deshalb weitgehend die elektrische Aktivität des M. rectus abdominis als Kriterium für die Atemphasen verwendet. Die Aktionspotentiale dieses Muskels ergeben nämlich ein zuverlässiges Kriterium für Dauer und Intensität der Ausatemungsphasen.

Das Einsetzen der Aktivität eines Muskels wurde bei gleicher Atemtiefe verglichen mit dem Beginn der Aktivität eines Bezugsmuskels. Im einzelnen wurden untersucht:

1. zeitliche Verschiebung des Aktionsbeginns (Δt) zwischen M. cricothyreoideus und dem M. posticus,
2. zeitliche Verschiebung (Δt) zwischen M. cricothyreoideus und dem M. vocalis, jeweils bei normaler Atmung.

Dabei stellte sich heraus, daß der M. cricothyreoideus und der M. posticus keine zeitliche Differenz im Innervationsbeginn während der Inspirationsphase zeigten, Δt war also 0 (Abb. 3). Zur zeitlichen Verschiebung zwischen dem Beginn der Inspirationsphase des M. cricothyreoideus und des M. vocalis stellte sich heraus, daß der M. cricothyreoideus durchschnittlich etwa 200 ms vor dem M. vocalis aktiviert wird (Abb. 2).

Zusammenfassend kann also gesagt werden, daß bei normaler Atmung die Aktionsphasen des M. cricothyreoideus und des M. posticus gleichzeitig, die des M. cricothyreoideus und des M. vocalis um 0,2 sec zeitlich versetzt beginnen.

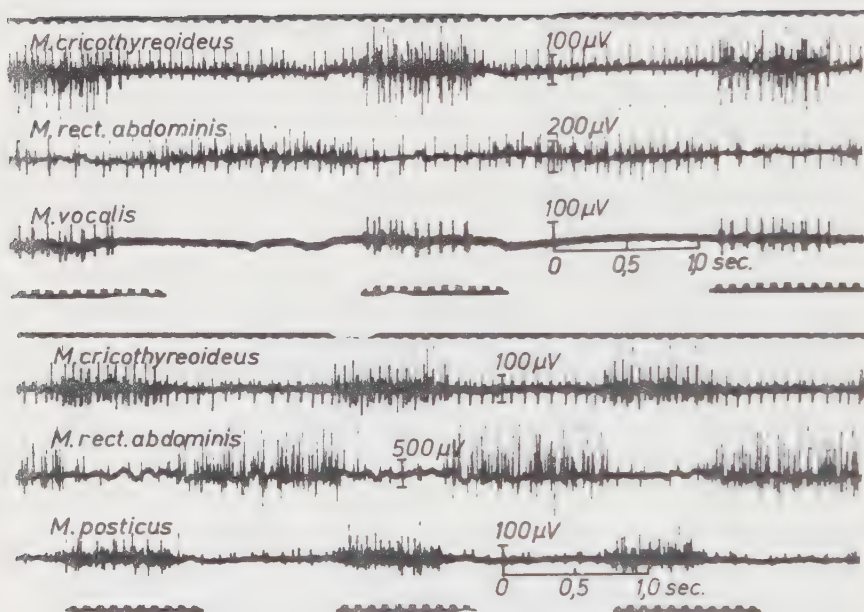


Abb. 2: Normale Spontanatmung

Gleichzeitige Ableitung der elektrischen Aktivität oben im *M. cricothyreoideus*, *M. rectus abdominis* und *M. vocalis*.

Darunter gleichzeitige Ableitung von *M. cricothyreoideus*, *M. rectus abdominis* und *M. posticus*.

Die Inspirationsphase ist jeweils am Unter-
rand markiert.

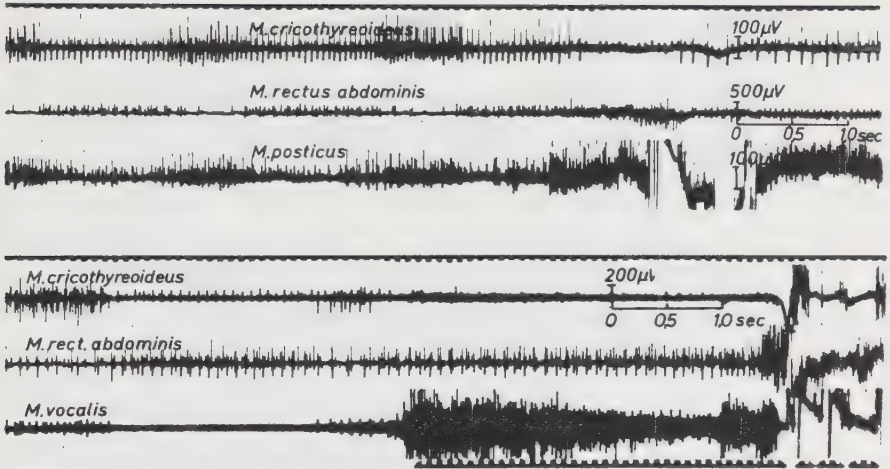


Abb. 3: Übergang von normaler Atmung über forciertes Exspirium zum Pressen.

Gleichzeitige Ableitung der elektrischen Aktivität von *M. cricothyreoideus*, *M. rectus abdominis* und *M. posticus*, darunter gleichzeitige Ableitung von *M. cricothyreoideus*, *M. rectus abdominis* und *M. vocalis*. Das forcierte Exspirium ist am Unterrand markiert.

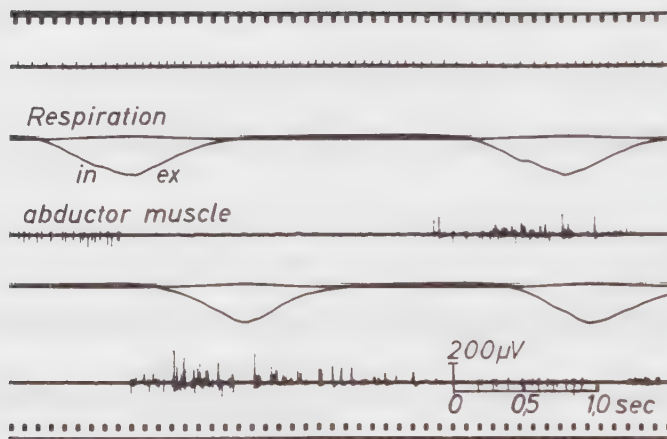


Abb. 4: M. posticus: Dargestellt ist der Übergang von normaler Atmung zum verschärften Expirium. Die Atemphasen sind durch Gürtelpneumographen registriert.

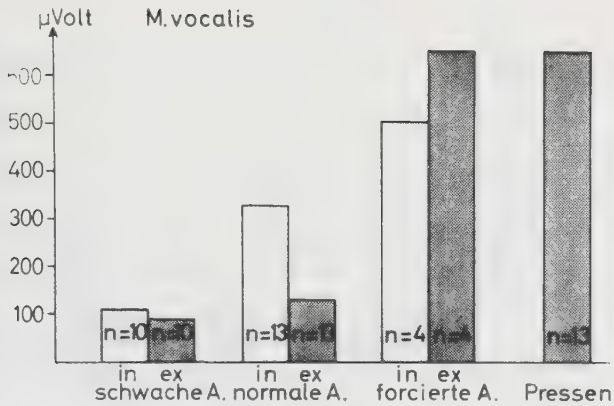


Abb. 5: M. vocalis

Gegenüberstellung der elektrischen Aktivitäten bei verschiedenen Atemtypen und beim Pressen.

Angegeben sind Mittelwerte $M(x)$ in μVolt .

Anzahl der Versuchspersonen: n.

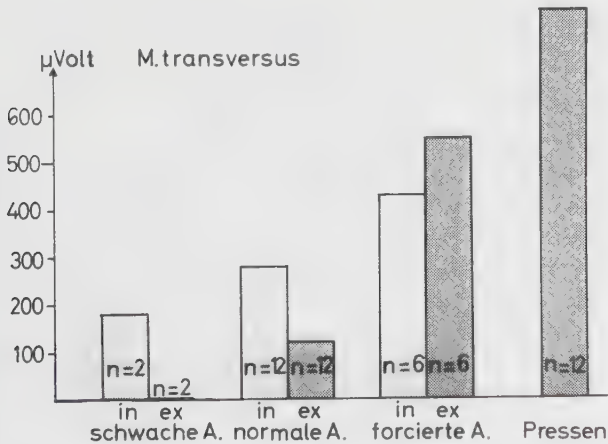


Abb. 6: M. transversus

Gegenüberstellung der elektrischen Aktivitäten bei verschiedenen Atemtypen und beim Pressen.

Angegeben sind Mittelwerte $M(x)$ in μV .

Anzahl der Versuchspersonen: n.

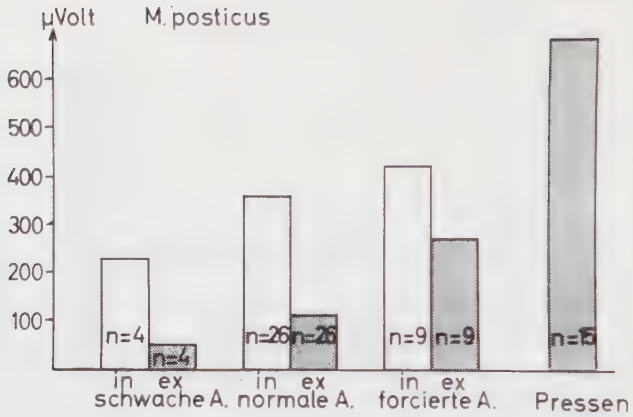


Abb. 7: *M. posticus*

Gegenüberstellung der elektrischen Aktivitäten bei verschiedenen Atemtypen und beim Pressen.

Angegeben sind Mittelwerte $M(x)$ in μVolt .
Anzahl der Versuchspersonen: n .

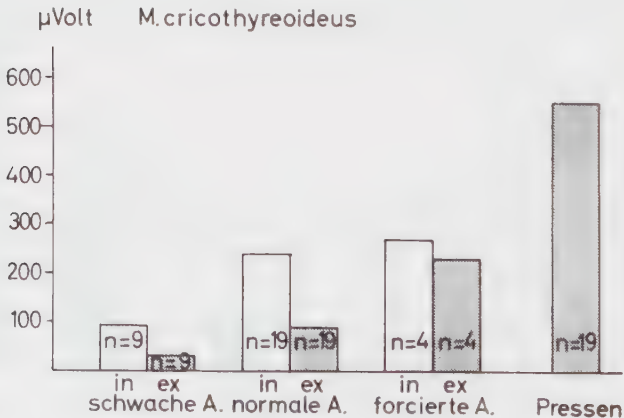


Abb. 8: *M. cricothyreoideus*

Gegenüberstellung der elektrischen Aktivitäten bei verschiedenen Atemtypen und beim Pressen.

Angegeben sind Mittelwerte $M(x)$ in μVolt .
Anzahl der Versuchspersonen: n .

D. Diskussion der Versuchsergebnisse.

1. Verlässlichkeit unserer Resultate.

Mit der Ableitung elektrischer Spontanaktivitäten aus menschlichen Kehlkopfmuskeln während einer Mikrolaryngoskopie in Narkose sind wir von der bisherigen Praxis der Untersuchung in Lokalanästhesie abgewichen. Wir halten dieses unser Vorgehen für nicht weniger zuverlässig, hat es doch wesentliche Vorteile:

- a) Die Untersuchungssituation ist exakt definiert und reproduzierbar;
- b) Die Elektroden lassen sich endoskopisch genau in den inneren Kehlkopfmuskeln platzieren. Das bringt eine Überlegenheit gegenüber der transcutanen Methode besonders für die Mm. transversus und posticus, die von außen kaum erreichbar sind.
- c) Eine ungewollte Verlagerung bzw. ein Herausfallen der Nadeln durch Kopfbewegungen und Hustenstöße kommt kaum vor, zudem ist das endoskopische Einbringen der Nadeln sicherer und leichter als unter örtlicher Betäubung;
- d) ohne Mitarbeit des Probanden lassen sich die verschiedenen Atemtiefen und -typen nacheinander durch Abklingenlassen der Relaxation erzeugen. Die abschließende endotracheale Manipulation mit dem Sauger löst zuverlässig Husten bzw. Pressen aus und erlaubt das Studium der - notfalls reproduzierbaren - Primitivaktion des Kehlkopfes.
- e) Die Glottis kann während des Versuches ständig beobachtet werden. Beispielsweise konnten wir hierdurch in einem Falle zweiphasiger Aktivität des Posticus während der Einatmung erkennen, daß sich die Glottis tatsächlich in 2 Stufen öffnete.

Ein Nachteil ist natürlich der Endotrachealtubus, verhindert er doch den exakten Glottis-Schluß. Auf den zeitlichen Ablauf der Aktivierung der einzelnen Muskeln und den Gra

dieser Aktivierung hat er indes kaum einen Einfluß, da weder der subglottische Druck (siehe FÖRSTER und GANZ) noch propriozeptive Reflexe auf die Steuerung der Muskelaktivität während der Atmung wesentliche Bedeutung haben, im Gegensatz zur Phonation (siehe KONIG und von LILLEN). Im übrigen müssen auch bei der Untersuchung in Lokalanästhesie Störungen der Propriozeption durch das Pantocain-Suprarenin in Kauf genommen werden.

Da unsere Untersuchungen grundsätzlich nur an Kehlköpfen ohne stärkere entzündliche oder Tumordinfiltration durchgeführt wurden, können unsere Ergebnisse für die Reaktion der gesunden und regelrecht innervierten Muskulatur gelten.

Nach der Empfehlung von DEDO haben wir fast ausschließlich konzentrische bipolare Nadelelektroden verwendet. Hieraus erklären sich die etwas größeren Amplituden unserer Meßergebnisse gegenüber früheren Mitteilungen anderer Autoren. Diese Elektroden schließen jedoch Fehlinterpretationen infolge Überleitung von Aktionspotentialen von einem (nicht punktierten) in einen benachbarten Muskel aus, die sogenannten "cross-step-potentials".

Eine bei allen derartigen Untersuchungen störende Erschwerung der Interpretation ist die starke Streuung der Einzelwerte, wie sie auch bei uns trotz möglichster Standardisierung der Versuchsbedingungen zu beobachten war. Veränderungen der Resultate am gleichen Probanden und Muskel nur durch Lageveränderung der Nadel mögen hierbei sowohl Ausdruck eines Artefakts sein, als auch einmal der Tatsache, daß durch verschiedene Lage der Elektrode Partien unterschiedlicher Aufgabe im gleichen Muskel getroffen wurden (siehe SUZUKI und KIRCHNER). Wir konnten das am Einzelfalle nicht entscheiden.

2. Vergleich unserer Ergebnisse mit anderen Meßergebnissen beim Menschen.

Weiterhin haben wir die Mittelwerte unserer Ergebnisse denen von FAABORG-ANDERSEN, DEDO sowie HUSSON gegenübergestellt. Selbst wenn man die teilweise technisch bedingten (Elektroden !) Unterschiede der abgeleiteten Spannungen im Gesamtniveau subtrahiert, bleiben wesentliche Abweichungen bestehen. Die von FAABORG-ANDERSEN gemessene vermehrte Aktivität im M. posticus während des Expiriums ist nach ihm von keinem der zahlreichen Untersucher mehr bestätigt worden (siehe NAKAMURA, ZBORIL). Vielleicht hatte er hier bei verschärftem Expirium untersucht, also während der in unserer Tabelle als "forcierte Atmung" bezeichneten Phase. Definitionsbedingt dürften dann die Abweichungen von DEDO's und FAABORG-ANDERSEN's Werten eben während "forcierter Atmung" sein. Wir haben, um den Übergang zur Primitivaktion - der Verschlusfunktion des Kehlkopfes - zu zeigen, einen Atemtyp mit verschärftem Expirium untersucht, die beiden Vergleichsautoren jedoch vermutlich lediglich eine vertiefte Spontanatmung.

3. Interpretation unserer Ergebnisse hinsichtlich ihrer Bedeutung für die Atmungsfunktion des Kehlkopfes.

Betrachtet man unsere Ergebnisse als Gesamtheit, so fällt auf, daß sämtliche vier untersuchten Kehlkopfmuskeln während der Inspirationsphase innerviert wurden. Das paßt nicht zur klassischen Auffassung von der Gruppierung in Glottisöffner und -schließer bzw. -spanner und bedarf einer Interpretation. Weiter fiel der gleichzeitige Innervationsbeginn von M. cricothyreoideus und posticus während der Einatmung auf.

Zunächst zum M. vocalis: Die Aktivität dieses Muskels während der Inspiration bei schwacher Atmung und normaler Spontanatmung erklärt sich unschwer im Sinne einer Stabili-

sierung der Glottis. Völlig erschlaffte Stimmlippen würden bei geringer Abduktion vom Atemluftstrom angesaugt werden und die Luftpassage behindern, eine Erscheinung, wie sie von alten Recurrensparesen bekannt ist.

Die Funktion des M. transversus dagegen kann als die eines Hilfsabduktors des Processus vocalis erklärt werden. Infolge seines Verlaufes an der Rückfläche der Stellknorpel muß er bei Aktivierung des Posticus im Rahmen der Inspiration und entsprechender Dorsal-Caudalbewegung der Procc. musculares in der Lage sein, diese Liehbewegung zu verstärken. Er ist in dieser Situation (Einatmung) also Synergist, nicht Antagonist des Posticus !

Noch interessanter ist in diesem Zusammenhang der M. cricothyreoides. KONRAD und RATTENBORG haben festgestellt, daß elektrische Reizung des Muskels allein eine Erhöhung des Atemwiderstandes im Kehlkopf bedeutet, entsprechend der klassischen Vorstellung. Reizung des M. posticus allein bewirkt, ebenfalls im Einklang mit der überlieferten Vorstellung, ein Absinken des Atemwiderstandes. Gleichzeitige Stimulation beider Muskeln jedoch bewirkt noch stärkeres Absinken des Widerstandes und entsprechend einen noch weiteren Glottisspalt als Reizung des Offnermuskels allein. Der M. cricothyreoides ist also für sich allein Antagonist, mit dem Posticus zusammen Synergist des letzteren (SUZUKI, KIRCHNER und MURAKAMI), im Sinne eines "glottiserweiternden" Muskels. (Gleichzeitige Innervation bei unseren Versuchen !) Diese Vorstellung scheint zunächst paradox, wird jedoch logisch, wenn man sich folgendes überlegt:

Der M. cricothyreoides spannt nicht nur die Stimmlippen, er verlängert sie auch. Dadurch ergibt sich bei gleicher Abduktion der Proc. vocales infolge Verlängerung der vorderen gleichen Seiten des Rhomboids Glottis eine Vergrößerung des Flächeninhalts dieses Rhomboids.

SUZUKI, KIRCHNER und MURAKAMI kamen auf Grund ihrer Katzenversuche zu dem Schluß, daß der *M. cricothyreoideus* bei schwacher Atmung keine wesentliche funktionelle Bedeutung habe. Die Kontraktion des *Posticus* reiche hier für eine genügende Glottisweite aus. Bei kräftiger Atmung dagegen wird der *Cricothyreoideus* zur Erzielung einer weiteren Glottis deutlich aktiv. Wir haben abweichend hiervon schon bei schwacher Atmung deutliche inspiratorische Aktivitäten im äußeren Muskel gefunden. Das mag sich aus den im ganzen engeren Verhältnissen des menschlichen Kehlkopfes erklären (siehe NEMAI, GANZ 1967), dem ja der hiatus intervocalis zwischen den Stellknorpeln fehlt, und der den *M. cricothyreoideus* schon früher braucht als die Katze.

Die verhältnismäßig schwache expiratorische Aktivität im *M. cricothyreoideus* gegenüber den anderen Kehlkopfmuskeln bei verschärftem Expirium läßt auf eine weniger wichtige Rolle dieses Muskels bei der Adduktion der Stimmlippen bzw. für den festen Glottis-Schluß schließen. Hier sei an die Angabe von MINNIGERODE erinnert, daß dieser Muskel wegen seines besonderen Faserverlaufes die Stimmlippen wohl bis zur Paramedianstellung adduzieren könne, aber nicht weiter.

Am einfachsten liegen die Verhältnisse beim *M. posticus*. Wie auch viele andere Autoren fanden wir bei schwacher und normaler Atmung praktisch nur inspiratorische Tätigkeit dieses Muskels (siehe SUZUKI und KIRCHNER, NAKAMURA, ZBORIL). Bei forciertem Expirium überwiegt zwar die inspiratorische Aktivität immer noch, doch arbeitet der Muskel jetzt auch während der Ausatmung. Wir erklären uns dieses Phänomen als Ausdruck eines Überganges zur Verschlufsfunktion. Es wird ja angenommen, daß zumindest Teile des Abduktormuskels sich während der Phonation kontrahieren, um den Stellknorpel gegen den Vocaliszug aufrecht zu halten (PRESSMAN, SUZUKI und KIRCHNER). Das ist besonders bei hohen Gesangstönen mit der entsprechend großen Spannung der Stimmlippen sinnvoll. In ähnlicher Weise beteiligt sich der "Öffnermuskel"

jedoch auch am Glottis-Schluß im Rahmen der Primitivfunktion beim Pressen und Husten. FÖRSTER und GANZ haben zeigen können, daß für diesen Sonderfall jegliche Gruppierung der Kehlkopfmuskeln aufgehoben ist, und daß sämtliche inneren Muskeln vielmehr als einheitlicher Sphincter und Antagonist der Bauchpresse operieren. Hier dürfte der Posticus, wie das MURAKAMI und KIRCHNER für die Phonation schon vermuteten, an der Verstärkung des Glottis-Schlusses durch Anspannung des adduzierten Stimmbandes wesentlich beteiligt sein. Die zentrale Stellung kommt offensichtlich überhaupt dem Posticus zu, denn dieser kann durch seine Aktivität aus einem Adduktor der Stimmlippe einen Abduktor machen. Lange bekannt ist in diesem Zusammenhang schon das Beispiel des M. cricoarytaenoideus lateralis, der - sonst im Glottis-schließer - bei forcierter Einatmung als Öffner wirkt und den bekannten fünfeckigen Glottisspalt erzeugt.

Wenn auch Einzelheiten des komplizierten Zusammenspiels der Kehlkopfmuskulatur beim Menschen noch unklar sein mögen, eines jedenfalls wird immer deutlicher: "die Funktionsbeziehung der Kehlkopfmuskeln ist kein einfaches antagonistisches Verhalten zwischen Abduktor und Adduktoren" (MURAKAMI und KIRCHNER). Sie hat vielmehr etwas von der Kompliziertheit des Schachspiels an sich, wo die einzelnen Figuren nicht nur nach ihren durch die Regeln festgelegten Zugrichtungen operieren können, sondern ihre Positionen zueinander ebenso beachten müssen wie die Gesamtsituation des Spiels.

E. Zusammenfassung.

An 28 Erwachsenen wurden während einer Mikrolaryngoskopie in Intubationsnarkose vergleichende elektromyographische Untersuchungen von Kehlkopfmuskeln durchgeführt.

Abgeleitet wurden die Spontanaktivitäten der Mm. cricothyreoideus, vocalis, arytaenoideus pars transversa (transversus) und cricoarytaenoideus posterior (posticus) während flacher und normaler Spontanatmung sowie bei verschärfter Atmung mit verlängertem Expirium.

Die Atemexkursionen wurden mit einem Brustbandabnehmer registriert. Zusätzlich wurde die Ausatemungsphase durch Ableitung des M. rectus abdominis definiert.

Bei flacher und normaler Spontanatmung waren sämtliche untersuchten Muskeln vorwiegend inspiratorisch tätig. Die Innervation des M. cricothyreoideus und transversus läßt sich dabei im Sinne einer Hilfeleistung bei der Vergrößerung der Glottis-Atemfläche deuten, die des Vocalis im Sinne einer Stabilisierung der Glottis. Die Mm. cricothyreoideus und Posticus werden gleichzeitig aktiv, während der Vocalis ca. 0,2 sec. später einsetzt.

Erst bei verschärftem Expirium fand sich stärkere expiratorische Aktivität in den "Adduktoren", aber auch im "Glottiserweiterer". Wir sehen darin den Übergang zur einheitlichen Innervation aller inneren Kehlkopfmuskeln im Rahmen der Primitivfunktion, wie sie sich am Beispiel des Pressens und Hustens zeigen ließ.

Es gibt keine reinen Adduktoren und Abduktoren der Stimm- lippe ! Das Zusammenspiel der Kehlkopfmuskeln ergibt vielmehr ein mit den Erfordernissen wechselndes Bild, in dem der M. posticus beherrschendes Element ist.

M. VOCALIS

Nr.	Schwache Atmung		Normale Atmung		Forcierte Atmung		Pressen
	In	Ex	In	Ex	In	Ex	
05/71							250-350
06/71							500-750 IF
11/71	200-220	200-220			200-500 GM	500-1000 GM	
12/71							
13/71			180 MME-GM	180 MME			350-450 GM
18/71							600 IF
21/71			100 GM	250 MME			650 IF
22/71			350 GM	0			560 IF
23/71							1000 IF
27/71							600-750 IF
29/71	140 MME	140 MME	500-600 GM	0			
30/71							250
03/72	150 MME-GM	0	400 GM-IF	100 GM			
12/72							450-500 GM-IF
15/72			500 MME	0			
25/72	160 GM	0					
30/72			500 GM	350 MME			1000-1300 IF
31/72	40 MME	60 MME	80 GM	50-60 GM			450 GM
38/72	80 GM	140 GM					
48/72	160 GM	160 GM	70 GM	210 GM	900 IF	300 IF	
44/72					450 GM	900 IF	1000
47/72	110 MME	0	250 MME	0			
03/73	40 MME	110 GM					
04/73	80 GM	80 GM			420 GM	360-420 GM	
05/73			80 GM	150 GM			
06/73			300 GM	160 MME			
07/73			200 GM	200 MME			
	10	10	13	13	4	4	13
M (:)	118	91	334	128	505	655	662

M. TRANSVERSUS

Nr.	Schwache Atmung		Normale Atmung		Forcierte Atmung		Pressen
	In	Ex	In	Ex	In	Ex	
01/71							150-200
11/71	200-250 GM	0					400 IF
12/71			100-150	100-150	100-150	100-150	
13/71			230-300 GM	0			1600 IF
16/71							800-1000 IF
21/71			350 GM	350 GM	1100-1500 GM	1100- 1500 GM	
22/71							340 IF
23/71							900-1500 IF
27/71							1000-1200 IF
29/71			80 GM	0			
30/71			450-500	0			300-500 GM
03/72			320 GM-IF	60 GM			
12/72							500-750 GM
15/72			200-250 GM	0			
38/72			50 GM	440 GM			
40/72					540 GM	440- 650 GM-IF	
42/72			500 GM	300 GM	350 GM	650 GM	700 IF
44/72					60 MME	320 GM	500 IF
01/73			200-500 GM	80 MME			
03/73					0	40 MME	
04/73	80-100 GM	0	300 GM	0			
07/73			70 MME	100 GM			
n	2		12	12	6	6	12
M (x)	175	0	281	123	433	552	824

CRICO-

Thyreoides Nr.	Schwache In	Atmung Ex	Normale In	Atmung EX	Forcierte In	Atmung EX	Pressen
01/71							300
06/71							700-1100 IF
10/71			200	40			500-600 IF
11/71			100-120	0			700 IF
12/71			300-450 MME-GM	150-200 MME-GM	150 GM	400 GM	
13/71			10 GM	0			600 GM
16/71							350
21/71			200 MME-GM	0			600
23/71			140-200 MME	140-200 MME			700-1200 MME-GM
22/71							760-1500 GM-MME
29/71							200
03/72			200-480 GM	80 GM			
08/72			200	220			
12/72	100 GM	0	200 GM	200 GM			
15/72							300-500 GM
25/72			250-300 GM-IF	100-150 GM			300-350 MME
30/72	120 GM	0	200-400 MME-GM	0			
31/72	200 GM	70 MME	160-170 GM	110-120 MME			400-550 GM
38/72	40 MME						100 GM
39/72			290 GM-IF	30 MME	340 GM-IF	30 MME	650 IF
40/72			280 GM	40 MME	280-300 GM	400 GM	360 GM
42/72			150 GM	60 GM			
44/72							150 GM
47/72	80 GM	60 GM	100 GM	70 GM			
01/73			200 GM	0			500
03/73	80-140 GM	40-80 MME-GM			350 GM	80 GM	
04/73	440 MME	0					
05/73	50-60 MME-GM	50-60 MME					220 GM-IF
06/73			260 GM-IF	150-220 MME			
07/73			80-110 MME-GM	50 MME			
08/73	50-60 GM	0					
n	9	9	19	19	4	4	19
M (x)	93	30	236	92	285	228	554

M.POSTICUS Nr.	Schwache Atmung		Normale Atmung		Forcierte Atmung		Pressen
	In	Ex	In	Ex	In	Ex	
06/71			240-250	0			100-150 GM
10/71							400-500 GM
11/71			350	150			400-450
12/71			400 GM	200 MME			
13/71	350 MME	0	500-1000 GM	500 GM			650 GM
22/71			300-600 GM	0	1200 GM	0	600 GM
23/71			140-200 MME	140 GM			250-1200 GM-MME
27/71			300-450 GM	0			
29/71			600-700 GM-IF	0			
30/71	200 MME-GM	0					
03/72	230 GM	80 MME	450 GM	200-250 GM			500-600
08/72	120	120	200-220 MME-GM	120			
12/72			200 MME	250 GM	100 GM	250 GM	1500 IF
13/72			200 MME	0	350 GM	100-120 GM	500-600 GM-IF
15/72			160 MME	160 vereinz. AF			1500 IF
23/72			250 GM-IF	100-150 GM-IF			
25/72			300 GM	0			250 IF
30/72			150 GM	60 GM	300 GM	120-130	
31/72			100-150 GM	0			600 IF
38/72			320 GM-IF	110 GM-IF			400 GM-IF
39/72			350-400 GM	200 MME			
40/72			650 GM	80-100 GM	640 GM	650-700 GM-IF	
42/72			750 GM	>80			
44/72					200 GM	200 GM	
47/72					400 GM	550 IF	
01/73			200 GM	0	500 IF	0	500 IF
03/73			400 GM	0	500 IF	500 IF	500 IF
04/73			140-220 MME-GM	50-60 GM			
07/73			210 GM	190 MME			
08/73			90-100 GM	40-50 MME-GM			
=====							
N	4	4	26	26	9	9	15
	225	50	357	107	465,5	272	670

G. Literaturverzeichnis

- van den Berg, W.: Modern research in experimental phoniatrics.
Folia Phoniatica 14, 81-149 (1962)
- Berendes, J.: Elektrophysiologie des inneren Sprechens.
Archiv für Ohren 165, 635-638 (1954)
- Buchthal, F.: Electromyography of intrinsic laryngeal muscles.
Quart.J.Exp.Physiol. 44, 137-148 (1959)
- Buchthal, F.: Electromyography of laryngeal and respiratory muscles: Correlation with phonation and respiration.
Ann.Otol. 73, 118-123 (1964)
- Dedo, H.H. et al.: On the interpretation of larynx electromyograms.
Arch.Ohr.Nas.Kehlkopf Kr. 185, 700-704 (1965)
- Dedo, H.H. and Ogura, J.H.: Vocal cord electromyography in the dog.
Laryngoscope 75, 201-211 (1965)
- Dedo, H.H. and W.N. Hall: Electrodes in laryngeal electromyography reliability comparison.
Ann.Otol.(St.Louis) 78, 172-180 (1969)
- Dedo, H.H.: The paralysed larynx; an electromyographic study in dogs and humans.
Laryngoscope 80, 1455-1517 (1970)
- Esslen, E. und B. Schlosshauer: Der elektrophysiologische Nachweis der propriozeptiven Muskelafferenz und des monosynaptischen Reflexbogens der inneren Kehlkopfmuskeln.
Experientia 15, 117- (1959)
- Esslen, E. und B. Schlosshauer: Zur Reflexinnervation der inneren Kehlkopfmuskeln.
Folia Phoniatr. 12, 161 (1960)

- Faaborg-Andersen, K.: Electromyographic investigation of intrinsic laryngeal muscles in humans. *Acta physiol.scand.* 41/Suppl. 140, 1-150 (1957)
- Faaborg-Andersen, K. et al : Vocal pitch and intensity Regulation. A comparative study of electrical activity in the crico-thyroid muscle and the airflow rate. *Arch.Otolaryng.(Chicago)* 85, 448-454 (1967)
- Faaborg-Andersen, K.: Electromyography of laryngeal muscles in humans, technics and results. *Aktuelle Probleme der Phoniatrie und Logopädie.* Vol. 3, S.Karger, Basel (1965)
- Förster, K.H. und H. Ganz: Elektromyographische Untersuchungen zur Primitivfunktion des Kehlkopfes beim Menschen. *Arch.Klin.exp.Ohr-Nas.-Kehlk.heilk.* 202, 692-697 (1972)
- Ganz, H.: Zur Atmungs- und Stimmfunktion des Kehlkopfes. *J.A. Barth, Leipzig* (1967)
- Ganz, H.: The Metabolism of Laryngeal Muscles. Its Influence on the Physiology and Pathology of the Glottis. *Arch.Otolaryng. (Chicago)* 94, 97-104 (1971)
- Ganz, H.: Electrical Activity of Human Laryngeal Muscles during Inspiration and Pressing. Phases. *Trans.X.World Congr.ORL, Venice 1973* in press
- Green, J.H. and E.Neil: The respiratory function of the laryngeal muscles. *J. Physiol.* 129, 134-141 (1955)

- Hirano, M. et al : Regulation of register, pitch and intensity of voice. An electromyographic investigation of intrinsic laryngeal muscles.
Folia Phoniatr. (Basel) 22, 1-20 (1970)
- Hirano, M.: Recent advances in laryngeal elektromyography in humans.
Kurume med.J. 16, 119-126 (1969)
- Jamashita, T. und Urabe, K.: Glottisschlußreflex und M. cricoarytaenoideus posterior.
Arch.Ohren Heilk. 177, 39-44 (1960)
- Kirchner, J.A. et al : Electromyographic analysis of laryngeal articular reflexes.
Nature (London) 203, 1243-1245 (1964)
- König, W. and H.von Leden: The peripheral nervous system of the human larynx.
Arch.Otolaryng.(Chicago) 74, 153 (1961)
- Kurozumi, S.; Tashivo, T. and Harada, Y.: Laryngeal responses to electrical stimulation of the medullary respiratory centers in the dog.
Laryngoscope 81, 1960-1967 (1971)
- Konrad, H.R. and C.C. Rattenborg: Combined action of laryngeal muscles.
Acta Otolaryng.(Stockh.) 67, 646-649 (1969)
- Kotby, M.N.: Electromyography of the laryngeal muscles.
Clin.Neurophysiol. 26, 341-342 (1969)
- Lesoine, W. et al: Elektromyographische Untersuchungen am M. cricothyreoideus.
Z.Laryng.Rhinol. 47, 543-551 (1968)
- Minnigerode, B.: Die Bedeutung der phylogenetischen Herkunft des M. cricothyreoideus für die Stellung des gelähmten Stimmbandes.
Arch.klin.exper.Ohr.-Nas.- und Kehlk.heilk. 186, 98 (1966)

- Murakami, Y.: Reflex-responses in the posterior crico-arytaenoid muscle and its physiological significance.
J. Otolaryng. Jap. 74, 29 (1971)
- Murakami, Y. and J.A. Kirchner: Electrophysiological properties of laryngeal reflex closure.
Acta Otolaryng. (Stockh.) 71, 416-425(1971)
- Murakami, Y. and J.A. Kirchner: Vocal cord abduction by recurrent laryngeal nerve; an experimental study in the dog.
Arch.Otolaryng.(Chicago) 94, 64-68 (1971)
- Murakami, A. and J.A. Kirchner: Mechanical and physiological properties of reflex laryngeal closure.
Ann.Otol. 81, 59-71 (1972)
- Murakami, Y. and J.A. Kirchner: Electrophysiological properties of laryngeal reflex closure.
Acta Otolaryng.(Stockh.) 71, 416-425 (1971)
- Nakamura, F., Y. Uyeda, Y. Sonoda: Electromyographic study on respiratory movements of the intrinsic laryngeal muscles.
Laryngoscope 68, 109-119 (1958)
- Nakamura, F., Y. Uyeda, M. Yagi, T. Ohkawa, H. Sasaki, N.Masuda: Electromyographic study of susceptibility on the intrinsic laryngeal muscles.
J.Oto-rhino-laryng.Soc.Jap.70, Suppl. 17 (1967)
- Nemai, J.: Vergleichende anatomische Studien am Kehlkopf der Säugetiere.
Arch.Laryng.Rhinol.(Berl.) 26,451 (1912)
- Pressman , J.J.: Physiology of the vocal cords in phonation and respiration.
Arch.Otolaryng.(Chicago) 35, 355-398(1942)
- Shin, T., D. Brewer and G.M. Graeber: A reappraisal of the innervation of the canine cricothyroid muscle. Ann.Otol.(St.Louis) 78, 1269-1280 (1969)

- Shipp, T. et al : Method and control of laryngeal EMG
electrode placement in man.
J.Amer.Aconst.Soc. 48, 429-430 (1970)
- Suzuki, M.: Electromyographical studies of cricothyroid
muscle with respiratory function.
J.Otol.Jap. 73, Suppl., 1172 (1970)
- Suzuki, M. and J.A. Kirchner: The posterior cricoarytenoid
as an inspiratory muscle.
Ann.Otol. (St.Louis) 78, 849-864 (1969)
- Suzuki, M., J.A. Kirchner and Y. Murakami:
The cricothyroid as a respiratory muscle.
Ann.Otol. 79, 976-983 (1970)
- Wustrow, F.: Elektromyographische Untersuchungen im
Bereich der Kehlkopfmuskulatur.
HNO (Berl.) 16, 181-185 (1968)
- Zbořil, M.: Electromyographic examination of the inner
laryngeal muscles.
Čsl.Otolaryng. 12, 174 (1963)

Mein Dank gilt Herrn Professor Dr. Ganz für seine Hilfe. Ohne seine Mitwirkung während der Operationen wäre die EMG-Messung nicht möglich gewesen.

Mein Dank gilt weiterhin Herrn Dr. Förster, der unter großen Zeitopfern durch seine Anleitungen das Einarbeiten in die Problemstellung erleichtert hat.

Ich danke ferner der medizinisch-technischen Assistentin Frä. R. Bräutigam für ihre Hilfe.

Lebenslauf

Am 17. März 1949 wurde ich als ältester Sohn des Zahnarztes Dr. Willibald Preissler und seiner Ehefrau Gabriele geb. Then, in Rosenheim geboren. Vom 6. Jahr an besuchte ich die Volksschule in Rosenheim und trat nach 4 Jahren in das humanistische Gymnasium in Rosenheim über. Nach 9 Jahren schloß ich diese Schule mit dem Zeugnis der Reife am 23. Juli 68 ab. Zum Wintersemester 1968/69 habe ich in Marburg an der Lahn an der Philipps-Universität das Zahnmedizinstudium begonnen, nach 2 Semestern im Sommer 1969 das Vorphysikum und im Sommer 1971 das Physikum bestanden. Den klinischen Teil des Studiums schloß ich im Sommer 1974 mit dem Staatsexamen ab.

Meine akademischen Lehrer waren die Herren Professoren
in Marburg:

Amon, Bernhardt, Castenholz, Dehnicke, Dimroth,
Hennis, Hering, Heuser, Janke, Karlson, Koecke,
Koch, Niemeyer, Petry, Pfütz, Riecken, Rohen, Rupec,
Rosemann, Schiff, Schmid, Schmidt, Schmitz-Moormann,
Schnell, Walcher.

